



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Gebrauchsmusterschrift**  
⑩ **DE 202 16 214 U 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**B 23 K 26/00**

②1 Aktenzeichen:	202 16 214.1
②2 Anmeldetag:	21. 10. 2002
④7 Eintragungstag:	19. 12. 2002
④3 Bekanntmachung im Patentblatt:	30. 1. 2003

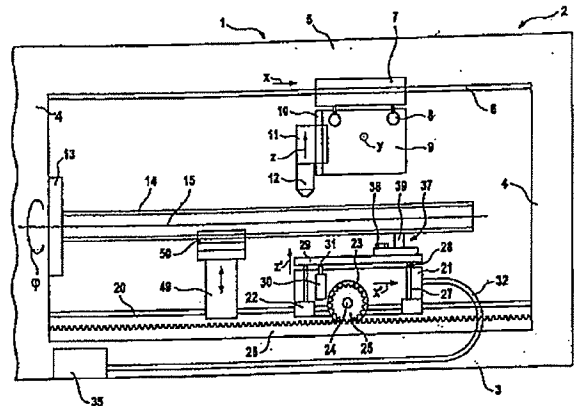
DE 202 16 214 U 1

- ⑦3 Inhaber:  
Bystronic Laser AG, Niederörsz, CH
- ⑦4 Vertreter:  
Zellentin & Partner, 67061 Ludwigshafen

Rechercheantrag gem. § 7 Abs. 1 GbmG ist gestellt

⑤4 Maschine zur Laserstrahlbearbeitung von länglichen Werkstücken

⑤1 Werkzeugmaschine zur Bearbeitung von länglichen Werkstücken (14) mittels Laserstrahlen, insbesondere von Rohren, Flach- und Hohlprofilen, wobei eine Aufnahmevorrichtung (13) zum einseitigen Einspannen des Werkstücks (14) und im Bereich der Strahlbearbeitung ein in Längsrichtung der Werkzeugmaschine (1) an Führungsschienen (20) verschieblicher Schlitten (21) vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass an diesem, wenigstens einen Schlitten (21; 49) ein autonomer steuerbarer Antrieb (23) vorgesehen ist, dass dessen Abtrieb (24) mit einem Zahnrad (25) versehen ist und in eine in Längsrichtung der Werkzeugmaschine angeordnete Zahnstange (26) eingreift, und dass der Schlitten (21; 49) Träger (29) von Stützen (39) und/oder Führungen (44) oder Ablagen (46) und/oder Auswerfern (51) und/oder Absaugvorrichtungen (40, 41) ist, welche das zu bearbeitende Werkstück (14) und/oder das bereits bearbeitete Werkstück (14') stützen, führen, aufnehmen und/oder auswerfen.



DE 202 16 214 U 1

2000

- 1 -

## Maschine zur Laserstrahlbearbeitung von länglichen Werkstücken

---

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine  
5 gemäss dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2.

Das Ausgangsmaterial von länglichen Werkstücken, d.h. von  
Werkstücken deren Länge in Bezug auf die Abmessungen im  
Querschnitt ein Vielfaches beträgt, wird häufig in Form von  
Stangenmaterial aber auch in Form von Bandmaterial angelie-  
10 fert und einer Werkzeugmaschine zur Bearbeitung zugeführt.  
Bei Drehmaschinen und Drehautomaten ist es bekannt, das  
Ausgangsmaterial der Maschine direkt, auch automatisiert  
zuzuführen und in dieser über geeignete Spannmittel (Dreh-  
backenfutter, Spannzangen etc.) während der Bearbeitung und  
15 auch zum Ablängen einzuspannen. Die Verwendung von Lade-  
und Entladevorrichtungen in Verbindung mit spanabhebenden  
Werkzeugmaschinen ist ebenfalls allgemein bekannt.

Bei der Laserstrahlbearbeitung von länglichen Werkstücken  
wurde ein auf Führungen gleitender Schlitten (auch Wagen  
20 oder Fahreinheit genannt) vorgeschlagen (EP -A2- 0 901  
874). Der mit einer Rollenbahn versehene, in seiner Ar-  
beitshöhe einstellbare Schlitten ist über Ketten und einen  
im Gestell der Werkzeugmaschine angeordneten Elektromotor  
in Längsrichtung der Werkzeugmaschine verschieblich und  
25 dient dem Positionieren von Werkstücken mittels Greifern  
sowie dem Entladen. Auf einer Seite der Maschine sind pneu-  
matisch betriebene Spannmittel und auf der gegenüberliegen-  
den Seite ist eine weitere Vorrichtung zum Entladen kurzer  
Werkstücke vorgesehen.

DE 202 16 214 U1

Es ist Aufgabe der Erfindung eine vielseitig einsetzbare Vorrichtung zu schaffen, welche kompakt ist und auf eine ausserhalb dieser angeordnete Entladevorrichtung verzichten kann.

- 5 Ausserdem soll der Erfindungsgegenstand an spezifische Bearbeitungsverfahren anpassbar sein, bzw. diese in Bezug auf die Taktfrequenz der Maschine und/oder Qualität der Bearbeitung optimieren lassen. Ebenfalls müssen sich Werkstücke verschiedener Profilformen bearbeiten lassen, insbesondere
- 10 Hohlprofile wie Rund-, Viereck- und Polygonprofile.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 2 gelöst.

In abhängigen Ansprüchen sind bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung beschrieben.

- 15 Die Merkmale der Ansprüche 3 und 7 ermöglichen eine normierte Konstruktion der Zusatzeinrichtungen bezüglich ihrer Montage auf der Trägerplatte.

- Die Merkmale des Anspruchs 4 ermöglichen eine sehr einfache Anpassung der Maschine an unterschiedliche Werkstückpro-
- 20 file.

Mit der flexiblen Leitung gemäss Anspruch 5 können Energie und Steuersignale auf den Schlitten übertragen werden.

- Die Ausführung gemäss Anspruch 6 verhindert die Ablagerung von Partikeln und die Kondensation oder den Niederschlag
- 25 von Dämpfen, die bei der Laserbearbeitung entstehen, insbesondere innerhalb von zu bearbeitenden Hohlprofilen.

Die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 8 bewirken eine höhere Präzision in der Positionierung des Schlittens in der Längsrichtung der Maschine.

Die Ausgestaltung der Träger nach den Ansprüchen 9 oder 10 erhöhen die Positioniergenauigkeit der auf diesem montierten Hilfseinrichtung.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Zeichnungen beschrieben. Darin zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht einer Laserstrahl - Werkzeugmaschine und

Fig. 2-5 Einzelheiten verschiedener Hilfseinrichtungen zur Werkzeugmaschine nach Fig. 1.

Die in Fig. 1 dargestellte Maschine 1 hat ein Gestell 2 mit einer Basis 3, zwei Ständern 4 und einem diese verbindenden Längsträger 5. Auf dem Träger 5 sind zwei parallele Führungsschienen 6 befestigt, auf welchen ein Schlitten 7 in Längsrichtung x der Maschine 1 verschiebbar ist. Der Schlitten 7 trägt zwei horizontale, senkrecht zu den Schienen 6 verlaufende Schienen 8. Auf den Schienen 8 ist ein zweiter Schlitten 9 in Richtung y senkrecht zur Zeichenebene verschiebbar. Der Schlitten 9 hat Schienen 10, welche senkrecht zu den Schienen 6, 8 verlaufen, und auf welchen ein dritter Schlitten 11 vertikal in Richtung z verschiebbar ist. Die drei Schlitten 7, 9, 11 werden durch hier nicht dargestellte Servomotoren in bekannter Weise in den drei NC-Achsen x, y, z positioniert. Am Schlitten 11 ist eine Laseroptik 12 zum Bearbeiten, z.B. zum Schneiden oder Schweissen, des Werkstücks 14 befestigt.

Das längliche Werkstück 14, z.B. eine Profilstange, ein Profilrohr oder ein zylindrisches Rohr, ist einseitig in einem Spannfutter 13 eingespannt. Das Futter 13 ist im linken Ständer 4 um eine horizontale Achse 15 drehbar gelagert, die parallel zu den Schienen 6 ist. Das Futter 13 ist mit einem nicht dargestellten weiteren Servomotor verbunden. Der Drehwinkel  $\phi$  des Futters 13 ist ebenfalls numerisch gesteuert und bildet die vierte NC-Achse.

Auf der Basis 3 sind zwei geradlinige Schienen 20 befestigt, die parallel zu den Schienen 6 und zur Achse 15 verlaufen. Auf den Schienen 20 ist ein Schlitten 21 mittels Wälz-Linearführungen 22 verschiebbar geführt. Auf dem Schlitten 21 ist ein Servomotor 23, z.B. ein Schrittmotor befestigt. Auf dessen Abtriebswelle 24 sitzt ein Zahnrad 25, das mit einer Zahnstange 26 kämmt. Die Zahnstange 26 verläuft parallel zu den Führungsschienen 20 und ist an der Basis 3 befestigt.

In vertikalen Bohrungen 27 des Schlittens 21 sind zylindrische Stangen 28 verschiebbar geführt. Die Stangen 28 sind an einer horizontalen Trägerplatte 29 befestigt. Der Servoantrieb für die vertikale Position der Platte 29 ist in Fig. 1 durch einen Servozylinder 30 mit Kolbenstange 31 symbolisch dargestellt. Die Servoantriebe 23, 30, 31 für die zusätzlichen NC-Achsen  $x'$ ,  $z'$  der Trägerplatte 29 werden über eine flexible Leitung 32 von einer gestellfesten NC-Steuereinrichtung 35 gesteuert, welche auch die übrigen NC-Achsen  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $\phi$  steuert.

Auf der Trägerplatte 29 ist wahlweise mindestens eine von verschiedenen Hilfseinrichtungen 37 austauschbar lösbar montiert. Dazu hat die ebene Platte 29 z.B. in einem regel-

- mässigen, quadratischen Raster Durchgangsbohrungen 33 und/oder Gewindebohrungen zur Aufnahme von Schrauben 38 (Fig. 2), oder in einem Raster angeordnete hinterschnittene Nuten wie T-Nuten 34 (Fig. 3) oder Schwalbenschwanznuten zur Aufnahme von Schraubenköpfen oder Muttern der Befestigungsschrauben 38. Um die Hilfseinrichtung 37 auf der Trägerplatte 29 zu positionieren weist diese eine Reihe von Zentrierbohrungen 56 im Abstand des Rasters der Durchgangsbohrungen 33 auf. In zwei dieser Zentrierbohrungen 56 ist ein Zylinderstift 57 eingesteckt. In jeder Hilfseinrichtung 37 ist ebenfalls eine Zentrierbohrung 58 von gleichen Nenn-durchmesser wie die Bohrung 56 und der Stift 57 vorgesehen; ebenfalls ein Langloch gleicher Breite, in welchem der zweite Zentrierstift 57 geführt ist. Die Zentrierbohrungen 56 können auch mit der einen Reihe der Durchgangsbohrungen 33 identisch sein.- Bewährt haben sich auch an sich bekannte Stiftschrauben, die eine besonders schnelle Montage der Bauteile erlauben und eine ausreichende Zentriergenauigkeit ergeben.
- Die Hilfseinrichtung 37 kann z.B. wie in Fig. 1 und 2 dargestellt eine Stütz- und Zentriereinrichtung 39 für das Werkstück 14 sein. Dadurch kann die Präzision der Laser-Bearbeitung durch die Laser-Optik 12, insbesondere bei grosser Auskragung, d.h. bei grossem Abstand der Optik 12 vom Futter 13 erheblich gesteigert werden, weil die Abstützung und Zentrierung des Werkstückes 14 unmittelbar bei der Optik 12 erfolgt.

Wie in Fig. 3 dargestellt können die Hilfseinrichtungen 37 auch eine Hohllanze 40 umfassen, die ein Absaugen der beim Laser-Schneiden entstehenden Partikel, Dämpfe und Gase aus dem Innern eines Hohlprofils 14 ermöglicht. Dazu hat die

Hohllanze 40 einen zur Achse 15 und den Schienen 6, 22 parallelen Endabschnitt, und ihr freies Ende ist dem Futter 13 zugewandt. Die rohrförmige Hohllanze 40 ist auf einem Träger 43 befestigt und über einen flexiblen Schlauch 41 mit einem Absauggebläse (nicht dargestellt) verbunden. Der Träger 43 ist mittels der Schrauben 38 auf der Trägerplatte 29 befestigt.

Wie Fig. 3 zeigt, kann ein anderer Träger 43 Ablenkplatten 42 tragen, welche das Werkstück nach der Bearbeitung und dem Ablängen aus der Maschine lenken oder führen.

Bei der in Fig. 4a gezeigten Variante ist das Werkstück 14 ein kreiszylindrisches Rohr. Es wird von kreiszylindrischen Stützrollen 44 gestützt und zentriert, die um 45° geneigte Achsen auf dem Träger 43 drehbar gelagert sind. Diese Variante erleichtert das Beladen und Abstützen des noch unbearbeiteten Werkstücks 14. Gleichzeitig dient sie dem Zentrieren vor dem Spannen des Futters 13, sowie dem Verfahren des Schlittens 21 in x'-Richtung ohne Abrieb am Werkstück 14 zu verursachen.

Die weitere Variante Fig. 4b eignet sich besonders für rechteckförmige Profile 14', wobei diese auf einer konkaven Stützrolle 44' mit Lagerbock 43' aufliegen.

In Fig. 5 ist die Hilfseinrichtung 37 schematisch zum Sammeln abgelängter Werkstücke 14 dargestellt. Nachdem ein Abschnitt des Werkstücks 14 fertig bearbeitet ist, wird der Schlitten 21 unter die Längsmittle dieses Abschnitts gefahren und dieser Abschnitt mittels der Laseroptik 12 abgetrennt. Das fertig bearbeitete, abgelängte Werkstück 14 fällt auf fingerartige Sammelschienen 46. Diese wird peri-

200 16 214 01

- 7 -

odisch geneigt, so dass die Werkstücke 14' gegen einen Anschlag nach unten gleiten oder rollen. Die Sammelschienen 46 sind an ihrem oberen Ende an einem Ständer 45 schwenkbar befestigt. Der Ständer 45 ist auf dem Träger 43 befestigt, der seinerseits lösbar mit der Trägerplatte 29 des Schlittens 21 verschraubt ist. Die Sammelschienen 46 können mittels einer am Träger 43 und den Schienen 46 angelenkten Kolben-Zylindereinheit 47, 48 aus der dargestellten Grundstellung nach unten abgeschwenkt werden.

- 10 In einer nicht gezeichneten Ausführung ist auf eine Kolben-Zylindereinheit verzichtet und die entsprechende Sammel-schiene direkt mit der Basis 43 verbunden.

Im Bereich der einen Endstellung des Schlittens 21 sind an der Basis 3 des Gestells 2 zwei geneigte Auswerfer 51 befestigt, deren unteres Ende in einen bereitgestellten Sammelbehälter 52 münden. Von einem eingespannten langen Rohr 14 werden ausgehend von dessen freiem Ende schrittweise einzelne Abschnitte fertig bearbeitet, abgelängt und mittels der Sammelschienen 46 gesammelt. Nachdem die Schlitten 7, 20 21 im Bereich des Futter 13 angelängt sind, fährt der Schlitten 21 in den Bereich der Auswerfer 51 und die Sammelschienen 46 werden abgesenkt, sodass die Auswerfer 51 die fertig bearbeiteten Rohrstücke 14' in den Sammelbehälter 52 auswerfen.

- 25 Weil in der gleichen Einspannung des langen Werkstück-Rohlings 14 im Spannfutter 13 mehrere fertig bearbeitete, abgelängte kurze Werkstücke 14' hergestellt und zwischengespeichert werden können, entfallen die unproduktiven Zwischenzeiten zum Ausspannen, neu positionieren und Einspannen des Werkstück-Rohlings 14 im Futter 13, sodass die Pro-
- 30

DE 200 16 214 01



duktivität der Maschine 1 gesteigert wird. Insbesondere wenn auf der Trägerplatte 29 zusätzlich zu den Sammel-schienen 46 noch eine Stütz- und Zentriereinrichtung 39, 44 z.B. gemäss Fig. 2 oder 4a, 4b montiert wird, kann dabei eine

5 hohe Präzision der Bearbeitung auch bei langer Auskragung des Werkstücks 14 gewährleistet werden.

Wie ersichtlich ist, benötigt der Zusatzschlitten 21 in der Werkzeugmaschine 1 kaum zusätzlichen Raum. Auf eine ausserhalb der Maschine 1 angeordnete zusätzliche Entladevorrichtung

10 tung kann verzichtet werden. Wegen der universellen Befestigungsmöglichkeiten der Hilfseinrichtung 37 auf der Trägerplatte 29 kann die Werkzeugmaschine 1 sehr rasch und mit geringem Aufwand an geänderte Bearbeitungsvorgänge oder Anforderungen angepasst werden. Die Qualität der Bearbeitung

15 kann verbessert und die Taktzeiten können verkürzt werden.

Selbstverständlich können auf der Trägerplatte 29 auch andere als die dargestellten Hilfseinrichtungen 37 montiert werden. Als Beispiel sei ein automatischer Werkstückwechsler erwähnt, wie er z.B. bei spanabhebenden Werkzeugmaschinen bekannt ist. Für gewisse Anwendungsfälle kann es zweckmässig sein, wenn die Trägerplatte 29 mittels eines Querschlittens analog dem Schlitten 9 in einer zusätzlichen NC-Achse y' senkrecht zu den NC-Achsen x' und z' gesteuert verschiebbar ist.

20

Ebenfalls lässt sich auf dem Schlitten 21 eine Zentrierspitze (Pinole genannt) montieren. Für besonders lange und dünnwandige Profile kann es vorteilhaft sein, entsprechend der Darstellung in Fig. 1, einen zweiten Schlitten 49 mit Stützrollen 50 einzusetzen. Dieser kann von Hand auf seine

25

30 Position geführt sein, lässt sich aber auch mit einem auto-

22 23 24

- 9 -

nomen Antrieb ausrüsten und in steuerungstechnischer Verbindung mit dem Schlitten 21 verschieben.

DE 202 16 214 01

# Bezeichnungsliste

	1	Werkzeugmaschine
	2	Gestell
5	3	Basis
	4	Ständer
	5	Längsträger
	6	Führungsschiene
	7	x-Schlitten
10	8	Führungsschiene
	9	y-Schlitten
	10	Führungsschiene
	11	z-Schlitten
	12	Laseroptik / Laserschneidkopf
15	13	Spannfutter
	14	Werkstück (Rohling)
	14'	Abgelängtes Werkstück
	15	Achse
20	20	Führungsschiene
	21	Schlitten
	22	Linearführung
	23	Motor
	24	Welle
25	25	Zahnrad

	26	Zahnstange
	27	Bohrung
	28	Stange
	29	Trägerplatte
5	30	Zylinder
	31	Kolbenstange
	32	Kabel
	33	Durchgangsbohrung
	34	T-Nut
10	35	Steuereinrichtung
	37	Hilfseinrichtung
	38	Schraube
15	39	Stütze und Zentrierung / Zentriereinrichtung
	40	Hohllanze / Absauglanze
	41	Schlauch
	42	Ablenkplatten
	43	Träger
20	43'	Lagerbock
	44, 44'	Stützrollen
	45	Ständer
	46	Sammelschiene / Ablage
	47	Zylinder
25	48	Kolbenstange
	49	weiterer Schlitten

	50	Träger / Rollen
	51	Auswerfer
	52	Sammelbehälter
5	56	Zentrierbohrung / Positionierelement
	57	Zentrierstifte
	58	Zentrierbohrungen
	$\varphi$	Drehwinkel Spannfutter
10	$x, y, z, x', y', z'$	
		NC-Achsen

20 24 20

Patentansprüche

1. Werkzeugmaschine zur Bearbeitung von länglichen Werk-  
stücken (14) mittels Laserstrahlen, insbesondere von  
5 Rohren, Flach- und Hohlprofilen, wobei eine Aufnahme-  
vorrichtung (13) zum einseitigen Einspannen des Werk-  
stücks (14) und im Bereich der Strahlbearbeitung ein  
in Längsrichtung der Werkzeugmaschine (1) an Füh-  
rungsschienen (20) verschieblicher Schlitten (21)  
10 vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass an die-  
sem, wenigstens einen Schlitten (21; 49) ein autonomer  
steuerbarer Antrieb (23) vorgesehen ist, dass dessen  
Abtrieb (24) mit einem Zahnrad (25) versehen ist und  
in eine in Längsrichtung der Werkzeugmaschine ange-  
15 ordnete Zahnstange (26) eingreift, und dass der  
Schlitten (21; 49) Träger (29) von Stützen (39)  
und/oder Führungen (44) oder Ablagen (46) und/oder  
Auswerfern (51) und/oder Absaugvorrichtungen (40, 41)  
ist, welche das zu bearbeitende Werkstück (14)  
20 und/oder das bereits bearbeitete Werkstück (14')  
stützen, führen, aufnehmen und/oder auswerfen.
2. Werkzeugmaschine zur Bearbeitung von länglichen Werk-  
stücken (14) mittels Laserstrahlen, insbesondere von  
25 Rohren, Flach- und Hohlprofilen, wobei eine Aufnahme-  
vorrichtung (13) zum einseitigen Einspannen des Werk-  
stücks (14) und im Bereich der Strahlbearbeitung ein  
in Längsrichtung der Werkzeugmaschine (1) an Füh-  
rungsschienen (20) verschieblicher Schlitten (21) so-  
wie ein Antrieb (23) für die Längsverschiebung des  
30 Schlittens (21) vorgesehen sind, dadurch gekennzeich-  
net, dass der wenigstens eine Schlitten (21; 49) ei-

DE 202 16 214 01

5      nen Träger (29; 50) aufweist mit mehreren Befestigungselementen (33, 34) zur austauschbar lösbaren Befestigung mindestens einer Hilfseinrichtung (37), insbesondere eines Stützelementes (39), eines Zentrierelementes (44), einer Absauglanze (40), eines Sammlers (46) für abgelängte Werkstücke (14') und/oder eines Auswerfers (51).

- 10      3.      Werkzeugmaschine nach Anspruch 2, wobei die Befestigungselemente (33, 34) auf dem Träger (29) in einem regelmässigen Raster angeordnet sind.
4.      Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Träger (29) am Schlitten (21) vertikal verschiebbar geführt und über ein Huborgan (30, 31) mit dem Schlitten (21) verbunden ist.
- 15      5.      Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Schlitten (21) über eine flexible Leitung (32) mit einer Steuereinrichtung (35) verbunden ist.
- 20      6.      Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Hilfseinrichtung (37) eine Absauglanze (40) umfasst, deren Endabschnitt im montierten Zustand parallel zur Längserstreckung der Werkzeugmaschine (1) verläuft, und die über einen flexiblen Schlauch (41) an eine Absaugquelle angeschlossen ist.
- 25      7.      Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Träger (29) in einem regelmässigen Raster Befestigungsbohrungen (33) oder hinterschnittene Nuten (34) aufweist zur Aufnahme von Befestigungsschrauben (38) für die Hilfseinrichtung (37).

2 3 3

8. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 7,  
wobei der Antrieb einen am Schlitten (21) befestigten  
Motor (23) umfasst, auf dessen Abtriebswelle (24) ein  
Zahnrad (25) befestigt ist, welches mit einer gehäu-  
5 sefesten Zahnstange (26) kämmt, die sich parallel zu  
den Längsführungen (20) erstreckt.
9. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
wobei der Träger (29) Positionierelemente (56) zur  
exakten Ausrichtung der Hilfseinrichtung (37) auf dem  
10 Träger (29) aufweist.
10. Werkzeugmaschine nach Anspruch 9, wobei die Positio-  
nierelemente (56) Zentrierbohrungen sind zur Aufnahme  
von Zentrierstiften (57).
11. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei an we-  
15 nigstens einem zweiten Schlitten (49) eine höhenver-  
stellbare Stütze (50) angeordnet ist.
12. Werkzeugmaschine nach Anspruch 11, wobei wenigstens  
einer dieser weiteren Schlitten (49) manuell ver-  
schieblich ist.

20.

DE 200 16 214 U1



DE 200 10 000 A1

1/2

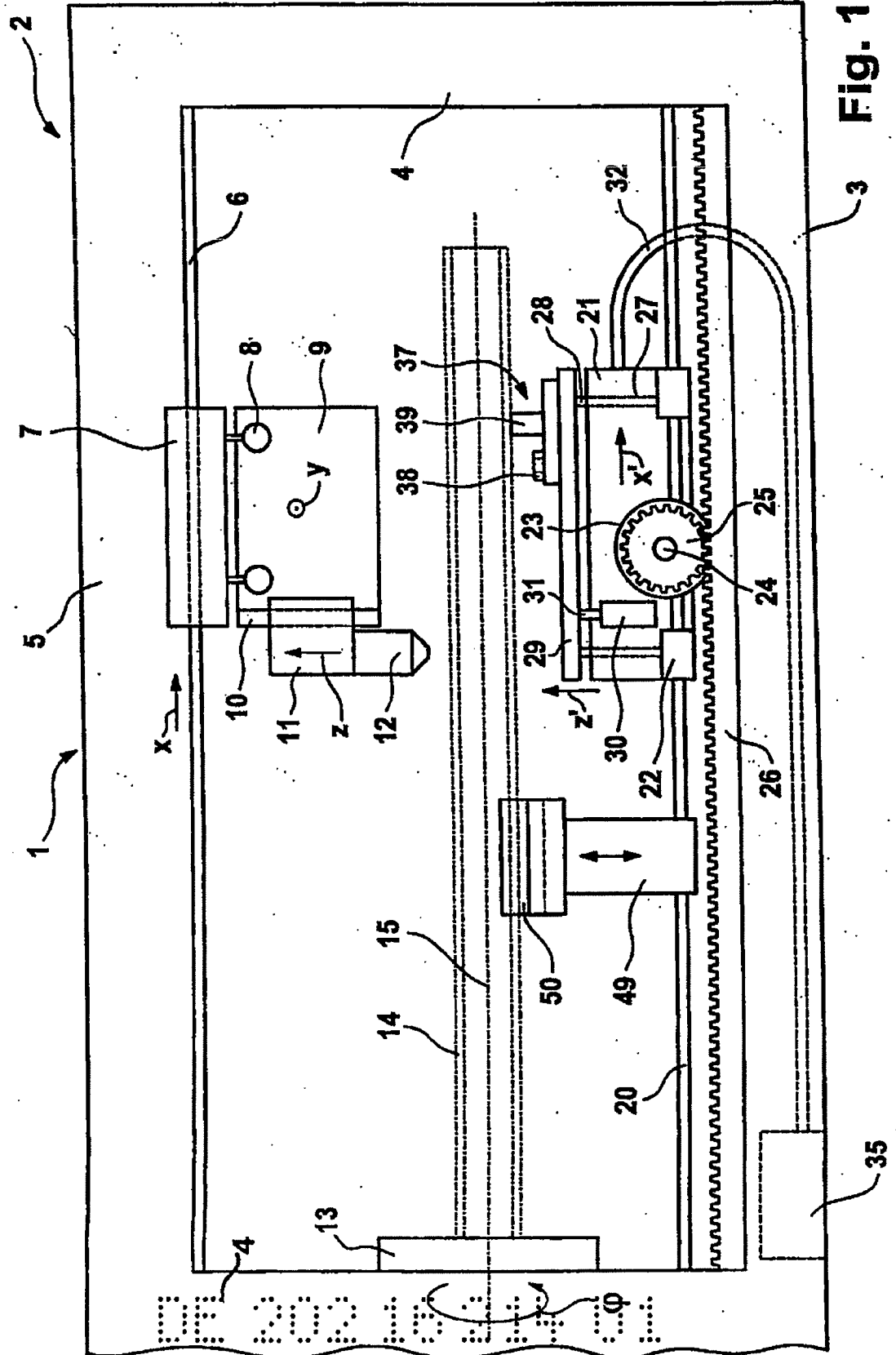


Fig. 1

2002

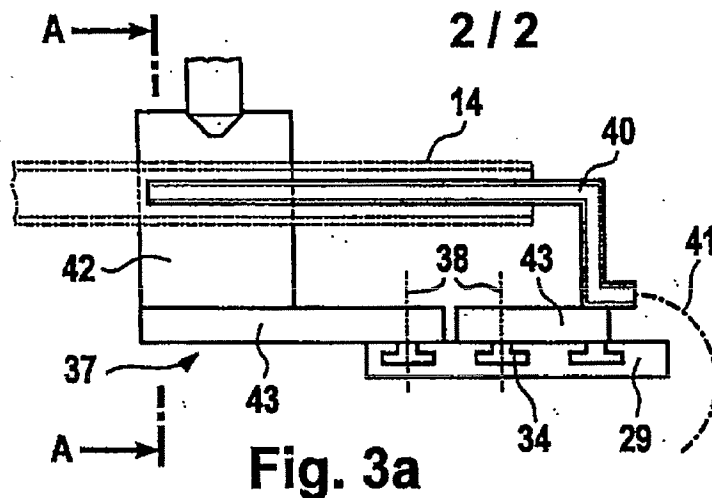


Fig. 3a



Fig. 3b  
(A - A 2:1)

Fig. 3

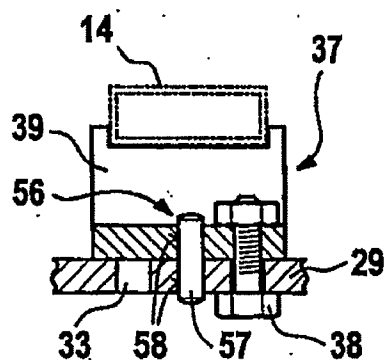


Fig. 2

Fig. 4a

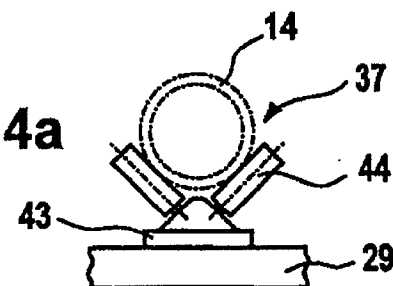


Fig. 4b

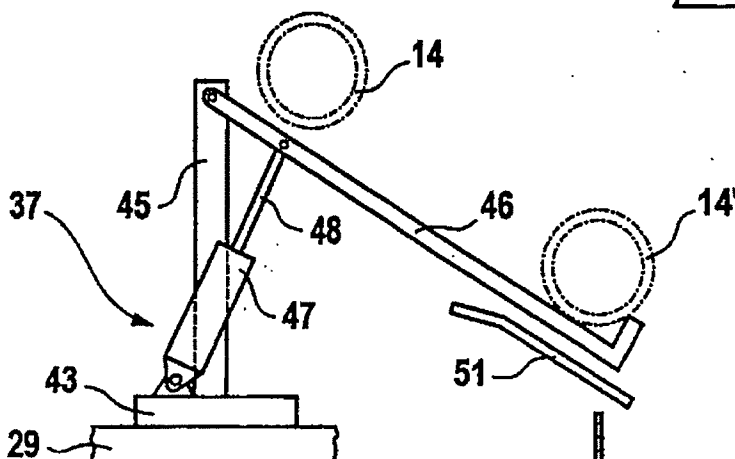
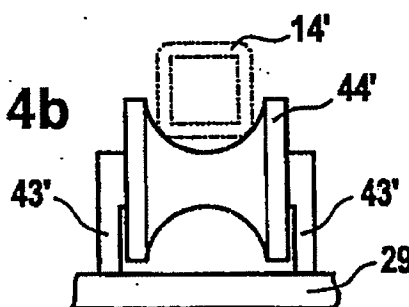


Fig. 5

DE 2002 16 21